



Sami Ojala

LIUKUKANSIPUHELIMIEN AVAUS- JA SULKUVOIMIEN MITTAUSLAITTEEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

LIUKUKANSIPUHELIMIEN AVAUS- JA
SULKUVOIMIEN MITTAUSLAITTEEN
SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Sami Ojala
Opinnäytetyö
28.11.2011
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Kone- ja tuotantotekniikka	Insinöörityö	32	+	3
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Tuotantotalous	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Nokia Oyj	Sami Ojala			
Työn nimi				
Liukukansipuhelimien avaus- ja sulkuvoimien mittauslaitteen suunnittelu ja toteutus				
Avainsanat				
matkapuhelin, suunnittelu, mittaaminen				

Tämän insinöörityön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa avaus- ja sulkuvoimien mittauslaite Nokia Oyj:lle mekaniikka- ja materiaalintestauslaboratorioon Peltolan yksikköön. Mittauslaite kehitettiin Lloyd LRX -merkkiselle vetolujuuskoneelle. Mittauslaitteella oli tarkoituksena pystyä suorittamaan avaus- ja sulkeutumisvoiman mittauksia vaaka-asennossa erimallisille liukukansipuhelimille. Työssä pyrittiin tutkimaan mittauslaitteen mittaustarkkuutta siten, että Nokia Oyj voi luotettavasti mitata liukukansipuhelimien avaus- ja sulkeutumisvoimia.

Mittauslaitteen kehittäminen aloitettiin kääntämällä mittauslaite vaaka-asentoon ja rakentamalla siihen mittauspöytä. Mittauskärjet suunniteltiin Catia-3D-mallinnusohjelmistolla ja valmistettiin pikamallitekniikalla. Valmiilla mittauslaitteella suoritettiin testimittauksia, joilla määritettiin laitteen mittaustarkkuutta.

Mittauslaite saatiin koottua toimivaksi kokonaisuudeksi mallinnetuista osista ja Lloyd LRX -vetolujuuskoneesta. Mittaustarkkuuden määrittämistulokset osoittavat, että laitteella pystytään mittaamaan avaus- ja sulkeutumisvoimia luotettavasti. Laitetta tullaan käyttämään liukukansipuhelimien avaus- ja sulkeutumisvoimien mittaamiseen.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 MITTAUS	6
2.1 Mittauslaite	6
2.2 Mittauslaitteen ominaisuuksia.....	6
2.3 Mittausvirhe	6
2.4 Ihminen mittalaitteena	7
3 LLOYD LRX PLUS.....	9
4 PUHELIMIEN LAJITTELU	10
5 MEKANISMIN SUUNNITTELU	13
5.1 Alkutilanne.....	13
5.2 Alkutoimenpiteet.....	15
5.3 Jigi.....	16
5.4 Mittauskärki	17
5.4.1 Mittauskärjen avaava osa.....	18
5.4.2 Mittauskärjen sulkeva osa	20
5.4.3 Mittauskärjen valmistus	20
6 AVAUS- JA SULKUVOIMAN MITTAUKSET	24
7 TULOKSET JA ANALYSOINTI	28
8 YHTEENVETO.....	30
LÄHTEET.....	31
LIITTEET	
Liite 1. Lähtötietomuistio	
Liite 2. Puhelimien mittaustulokset	
Liite 3. Huonoja liukukansipuhelimia	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja valmistetaan avaus- ja sulkemisvoiman mittauslaite liukukansipuhelimille. Laite suunnitellaan Nokia Oyj:lle Nokian Peltolan yksikköön. Laitteella on tarkoituksena pystyä luotettavasti määrittämään avaus- ja sulkemisvoimat puhelimille siten, että mittaustulosten toistettavuus olisi ensiarvoisen tärkeää. Työssä pyritään kehittämään laite siihen kuntoon, että Nokia Oyj pystyy käyttämään sitä matkapuhelinmallien tuotekehityksessä. (Liite 1.)

Voiman mittaamiseen käytetään Lloyd LRX -merkkistä vetolujuuskonetta. Tavoitteena on saada laitteelle tarkoituksenmukainen pöytä, puhelimen kiinnitysjiigi ja mitattavan puhelinmallin kanssa hyvin toimiva mittapää. Kiinnitysjiigi suunnitellaan usean eri puhelinmallin mittaamiseen. Laite suunnitellaan siten, että mitattava puhelin saadaan vaaka-asentoon. Vaaka-asennossa tehtävät mittaukset ovat liukukansipuhelimille lähimpänä niiden oikeaa käyttötilannetta kuin pystyasennossa tehtävät mittaukset.

Aikaisemmin mittaukset on tehty puhelimien ollessa pystyasennossa. Puhelimien mittaaminen vaaka-asennossa edellyttää mittalaitteen kääntämistä vaaka-asentoon, mikä on iso haaste suunnittelutyössä. Laite on tarkoitettu suunnitella mahdollisimman tukevaksi, jotta se olisi mahdollisimman vastustuskykyinen ulkoisille häiriötekijöille.

Työssä on tarkoitus myös määrittää laitteen mittaustarkkuutta. Mittaustarkkuutta tullaan määrittämään tekemällä mittauksia liukukansipuhelimilla. Lisäksi tarkastellaan mittauslaitteen mittausrvirhettä.

2 MITTAUS

2.1 Mittauslaite

Mittaus on tapahtuma, jossa pyritään saamaan selville mitattavan suureen arvo. Esimerkiksi 10 mm, 5,2 kg tai 37,1 °C ovat laadullisia suureita, joita voidaan määrältään mitata. Mittaus tapahtuu mittauslaitteella, joka on siihen tarkoitukseen suunniteltu laite. (Andersson – Tikka 1997, 121–122.)

Mittauslaite koostuu useasta eri osasta kuten anturista, näyttölaitteesta ja mittauskärjestä. Anturilla saadaan tietoa mitattavasta kohteesta. Mittauskärjellä tarkoitetaan anturin osaa, johon mittaussuure välittömästi vaikuttaa, esimerkiksi mittauskärjen kosketus mittaushohteseen. Näyttölaite näyttää mittaustulokset asteikolla, josta mittaustulokset voidaan lukea. (Andersson – Tikka 1997, 123–124.)

2.2 Mittauslaitteen ominaisuuksia

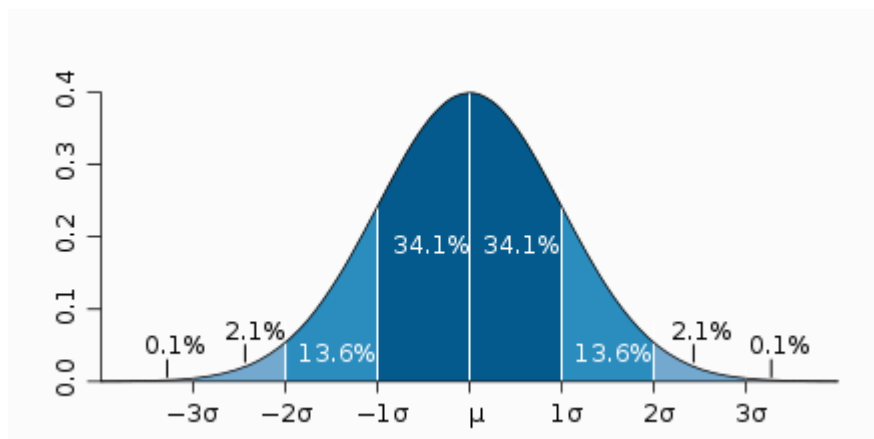
Jokaisella mittauslaitteella on mittausalue, jolla se pystyy mittaamaan luotettavasti mitattavaa suuretta. Esimerkiksi Estecsin analogisen kuumemittarin mittausalue on 35–42 °C (Kuumemittarit). Pienintä mittausalueen muutosta, joka voidaan mittalaitteella havaita, kutsutaan erottelukynnykseksi. Jokainen mittaustulos sisältää mittauserävarmuutta, joka koostuu systemaattisesta ja satunnaisvirheestä. (Andersson – Tikka 1997, 124–125.)

2.3 Mittausvirhe

Mittausvirheet jaotellaan kolmeen ryhmään: systemaattiset, satunnaiset ja karkeat virheet. Systemaattinen virhe tarkoittaa mittaustuloksen virhettä, jolla on tietty suunta ja suuruus. Systemaattinen virhe pystytään laskemaan ennen ja jälkeen mittauksen. Systemaattisten virheiden vaikutukset voidaan poistaa mittaustuloksesta matemaattisilla korjauksilla. Esimerkiksi pituutta mitattaessa tavallisimmat systemaattiset virheet aiheutuvat mittauslämpötilasta,

mittauslaitteen kalibroinnista ja mittausvoimasta. (Andersson – Tikka 1997, 127–128.)

Satunnaiset virheet ovat virheitä, joiden suuruutta ja suuntaa ei pystytä laskemaan. Satunnaisvirheiden vaikutusta ei pystytä matemaattisilla korjauksilla poistamaan, mutta niiden vaikutusta voidaan arvioida toistamalla mittaus. Laskemalla mittauksien keskiarvo voidaan satunnaisvirheiden vaikutusta vähentää. Esimerkiksi työstettyjen kappaleiden mitat noudattavat normaalijakaumaa eli Gaussin käyrää (kuva 1). (Andersson – Tikka 1997, 129; Kangasaho – Mäkinen – Oikkonen – Paasonen – Salmela 2004, 134.)



KUVA 1. Normaalijakauma ja keskihajonta (Havia 2010)

Karkeat virheet johtuvat pääsääntöisesti huolimattomuudesta tai erehdyksistä. Edellisiin virhetyppeihin verrattuna karkeat virheet voivat olla suuruudeltaan moninkertaisia. Karkea virhe voi olla esimerkiksi mittausarvon lukeminen virheellisesti tai mittauslaitteen käyttäminen mittausalueen ulkopuolella. (Andersson – Tikka 1997, 130.)

2.4 Ihminen mittalaitteena

Aistien avulla ihminen tekee havaintoja ympäröivästä maailmastaan. Ihmisen tuntoaisti on erittäin tärkeä informaation lähde ympäristöstämme. Tuntoaistilla on erityisesti merkitystä erilaisten toimintojen palautteen antajana. Esimerkiksi

näppäimistöllä kirjoittaminen ei olisi ollenkaan niin helppoa, jos tuntoaistilla ei saisi minkäänlaista palautetta onnistuneesta painalluksesta. Tuntoaistilla onkin monesti piilevä merkitys käytettävyyden kannalta. (Kurtti 2003, 22, 32.)

Ihminen tuntee kosketusta tuntoselien avulla. Ihmisellä on tiheässä tuntoselien reseptoreja kämmenissä, jalkapohjissa ja kasvoissa. Ihminen ei välttämättä tunne edes neulanpistoa selässään, jos pisto osuu tuntoselien reseptiivisten kenttien väliin. Tuntoaisti on erittäin tarkka. Aistimuksen voi aiheuttaa tuhannesosamillimetrin suuruinen muodonmuutos. (Arstila – Björkqvist – Hänninen – Nienstedt 1999, 481.)

Ihmisen muistissa säilyy tieto aikaisemmista kokemuksista. Muisti perustuu muutoksiin, joita kokemukset ovat aiheuttaneet hermosoluissa. Ihmisen havaitessa jotain käyttää hän aistimuksia. Aistimuksien avulla saadaan käsitys havaitusta aistimuksesta, esimerkiksi katsotusta esineestä. Aistimuksia on kuitenkin erittäin lyhyt, noin yhden sekunnin mittainen. Suurin osa aistimuksien sisällöstä unohtuu heti ja vain pieni osa siirtyy työmuistiin. Työmuistissa kukin asia pysyy muokattavana joistakin sekunneista kymmeniin sekunteihin. Työmuistiin mahtuu yleensä noin seitsemän asiaa. Tärkeitä katsotut asiat siirtyvät työmuistista säilömuistiin, jonka pituus on minuuteista aina useisiin päiviin pitkä. Tänä aikana useimmat muistikuvat unohtuvat ja vain osa siirtyy pysyvään muistiin eli kestonmuistiin. Kestonmuisti säilyttää muistikuvia hyvinkin pitkään. (Arstila ym. 1999, 562–563.)

3 LLOYD LRX PLUS

Lloyd instruments on AMETEC Inc:n tavaramerkki. Lloyd on valmistanut materiaalin testausjärjestelmiä jo 40 vuotta. Lloydin valmistamat materiaalin testausjärjestelmät ovat tunnettuja maailmanlaajuisesti. Ne ovat saaneet hyvän maineen tarkkuudestaan ja käyttäjäystävällisyydestään. (About Lloyd Instruments. 2005.)

Lloyd LRX Plus on vetokone, jonka maksimi veto- ja puristusvoima on 5 kN. Laitteen näytteenottotaajuus on 8 kHz, joka tarkoittaa sitä, että voima mitataan sekunnin aikana 8000 kertaa. Kiinnityspään liikkumisnopeus täydellä voimalla on välillä 0,01–1016 mm/min. Maksimi liikematka on 735 mm ja liikenopeuden virhe tasaisella nopeudella on alle 0,2 %. Voima-anturin virhe on alle 0,5 % mitatusta voimasta. Kuvassa 2 on Lloyd LRX Plus -vetokone, jossa on kiinni voima-anturi ja mittauskärki. (Materials Testing Machines. 2005; Materials Testing Solutions 1 kN - 150 kN 225 lbf - 33722 lbf. 2009.)



KUVA 2. Lloyd LRX Plus (Materials Testing Machines. 2005)

4 PUHELIMIEN LAJITTELU

Puhelimet voidaan lajitella monella eri perusteella. Ulkomuodon perusteella puhelimet voidaan lajitella neljään eri ryhmään: perinteiset puhelimet (bar phones), taittavat puhelimet (flip phones), liukukansipuhelimet (slide phones) ja kosketusnäyttöpuhelimet (touch screen phones). (Nokia. 2011, linkit Tuotteet -> Kaikki puhelimet; Gigantti. 2011, linkit Puhelimet ja GPS -> Matkapuhelimet; Sonera. 2011, linkit Puhelin ja liittymä -> Mikä puhelin minulle?; AT&T. 2011, linkit Shop -> Wireless -> View All Devices.)

Perinteiset puhelimet koostuvat kahdesta alueesta: näppäimistöstä ja näytöstä. Yleensä näyttö vie noin puolet puhelimen etupuolen pinta-alasta, kuten kuvan 3 puhelimen. Perinteisessä puhelimessa ei ole saranoita tai liikkuvia osia. Näppäimistö on näytön alla ja esillä koko ajan. (Nokia. 2011, linkit Tuotteet -> Kaikki puhelimet; Gigantti. 2011, linkit Puhelimet ja GPS -> Matkapuhelimet; Sonera. 2011, linkit Puhelin ja liittymä -> Mikä puhelin minulle?; AT&T. 2011, linkit Shop -> Wireless -> View All Devices.)



KUVA 3. Perinteinen puhelin (Gigantti. 2011, linkit Puhelimet ja GPS -> Matkapuhelimet)

Taittuvilla puhelimilla tarkoitetaan niin sanottuja simpukkapuhelimia. Kuvassa 4 näkyy, kuinka simpukkapuhelimet taittuvat keskeltä kahteen osaan. Puhelimen alaosa on näppäimistöä ja yläosa on näyttöä. Puhelimen ollessa kiinni näppäimistö ja näyttö ovat suojassa kuoren sisällä toisiaan vasten. (Nokia. 2011, linkit Tuotteet -> Kaikki puhelimet; Gigantti. 2011, linkit Puhelimet ja GPS -> Matkapuhelimet; Sonera. 2011, linkit Puhelin ja liittymä -> Mikä puhelin minulle?; AT&T. 2011, linkit Shop -> Wireless -> View All Devices.)



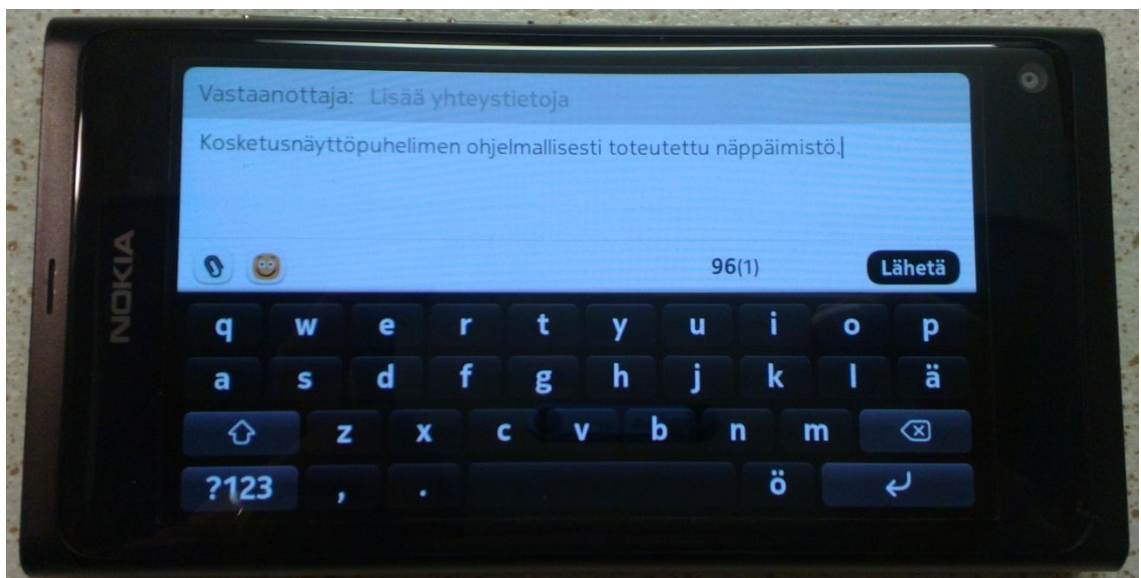
KUVA 4. Taittuva puhelin (Gigantti. 2011, linkit Puhelimet ja GPS -> Matkapuhelimet)

Liukukansipuhelimeissa näyttö valtaa yleensä yli puolet puhelimen etupuolen pinta-alasta, koska näppäimistö ei tarvitse tilaa. Liukukansipuhelimet erottuvat muista malleista sillä, että niissä näppäimistö liukuu esiin puhelimen alta. Näppäimistö voi liukua esiin suoraan alas tai sivulle. Kuvassa 5 näkyy täysimittainen näppäimistö liukuneena esiin näytön alta. (Nokia. 2011, linkit Tuotteet -> Kaikki puhelimet; Gigantti. 2011, linkit Puhelimet ja GPS -> Matkapuhelimet; Sonera. 2011, linkit Puhelin ja liittymä -> Mikä puhelin minulle?; AT&T. 2011, linkit Shop -> Wireless -> View All Devices.)



KUVA 5. Liukukansipuhelin

Kosketusnäyttöpuhelimeissa ei tarvitse olla erillistä näppäimistöä ollenkaan. Kuvassa 6 näkyy, kuinka täysikokoinen näppäimistö on toteutettu ohjelmallisesti. Puhelimen etupuoolella ei välttämättä tarvitse olla yhtään fyysistä näppäintä. Kosketusnäyttö voi olla myös liukukansi- ja simpukkapuhelimeissa. (Nokia. 2011, linkit Tuotteet -> Kaikki puhelimet; Gigantti. 2011, linkit Puhelimet ja GPS -> Matkapuhelimet; Sonera. 2011, linkit Puhelin ja liittymä -> Mikä puhelin minulle?; AT&T. 2011, linkit Shop -> Wireless -> View All Devices.)



KUVA 6. Kosketusnäyttöpuhelin

5 MEKANISMIN SUUNNITTELU

5.1 Alkutilanne

Aikaisemmin mittaukset on tehty kuvan 7 tapaisella vetokoneella. Vetokone on Lloyd LR5K plus, joka on varustettu mittaajigillä, jolla pystytään mittaamaan puhelimen avausvoima pystysuunnassa. Puhelimen avausvoiman mittaamisen jälkeen pitää puhelinta kääntää, jotta voidaan mitata sulkeutumisvoima. Puhelin pysyy tiukasti kiinni jigissä kaksipuolisella teipillä. Kyseisellä mittaajärjestelmällä pystytään mittaamaan voimat useammastakin puhelimesta kohtalaisen nopeasti.



KUVA 7. Mekanismin suunnittelun alkutilanne

Mittausjärjestelmällä saadaan tarkka tieto siitä, mitä aukaisuliikkeen aikana tapahtuu. Kaikki puhelimen aukaisun aikana tapahtuvat asiat, jotka myös puhelimen käyttäjä tuntee saadaan mitattua tarkasti. Mittausjärjestelmän ongelmana on, ettei voimia mitata puhelimen normaalissa käyttöasennossa. Lisäksi mittauksien toistettavuus kärsii hieman, koska puhelin asetetaan silmämääräisesti paikalleen. Puhelin ei välttämättä asetu aina samaan paikkaan ja asentoon.

Tarkoituksena oli suunnitella sellainen mittausjärjestelmä, jolla mittausten toistettavuus olisi parempi ja mittaukset tapahtuisivat puhelimen ollessa vaakasennossa. Vaaka-asento on lähempänä puhelimen normaalia avaustilannetta kuin pystyasento. Lisäksi olisi hyvä, jos puhelimet saataisiin mitattua yhdellä kiinnityksellä. Olemassa olevaan mittauslaitteeseen täytyy ideoida mittauskärki, jolla voidaan mitata samalla kertaa puhelimen avaus- ja sulkeutumisvoimat. Lisäksi puhelimen kiinnittäminen mittalaitteeseen pitää tapahtua nopeasti. Toistettavuuden kannalta puhelin pitää kiinnittää aina samaan asentoon.

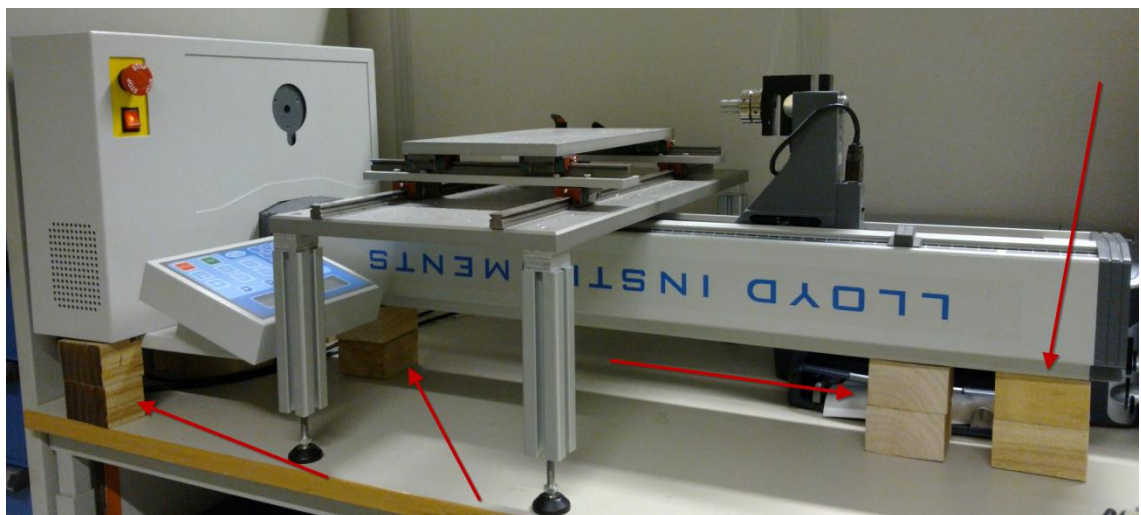
Mittauslaitteisto suunniteltiin Nokian N950-puhelimelle. Puhelin on tilt-mallinen liukukansipuhelin, mikä tarkoittaa sitä, että puhelimen näyttöosa aukeaa vinoon kulmaan näppäimistöön nähden. Kuvasta 8 näkee hyvin, miten paljon korkeammalla N950 näytön yläreuna on verrattuna näppäimistön tasoon.



KUVA 8. Tilt-mallinen N950

5.2 Alkutoimenpiteet

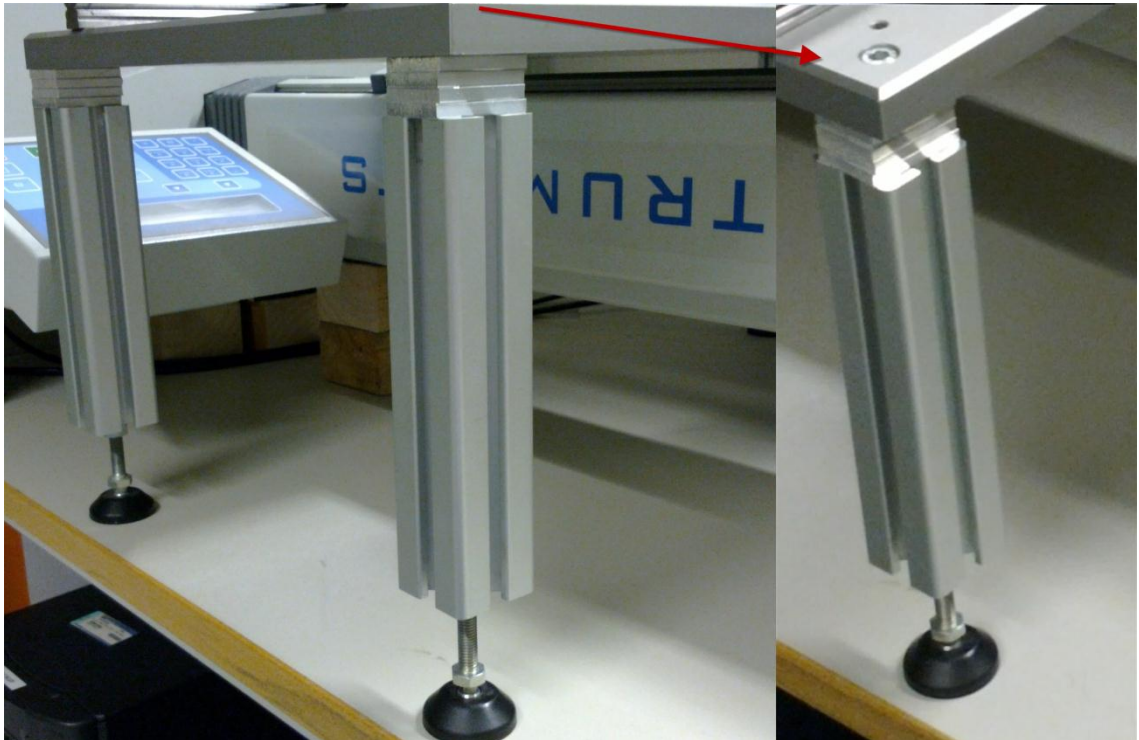
Aivan ensimmäiseksi mittalaite oli käännettävä vaakatasoon. Mittalaitetta ei voitu suoraan kääntää vaaka-asentoon, koska mittalaitteen taakse menee johtoja. Laite oli asetettava sopivien korokkeiden päälle, jotta johdot laitteen takana eivät vahingoitu. Kuvassa 9 näkyy puiset korotuspalat, joilla mittalaite on saatu nousemaan johtojen kannalta riittävän korkealle. Korotuspaloja on yhteensä seitsemän ja laitteen paino jakautuu tasaisesti niille. Korotuspalojen materiaaliksi valittiin puu, koska sitä on helppo työstää. Lisäksi puu joustaa hieman, jos yhdelle korotuspalalle kohdistuu enemmän painoa kuin muille. Mittalaitteen vaaka-asento varmistettiin mittaamalla se vatupassilla.



KUVA 9. Mittalaitteen tuki

Mittalaitteen pöytä, jolle jigi tulee, vaati hieman muutostöitä. Pöytää piti korottaa 20 mm, jotta mittalaite mahtui toimimaan sen alla. Kuvassa 10 näkyy vasemmalla puolella neljä 5 mm paksuista korotuspalaa. Palat jouduttiin lisäämään, koska säätövara pöydänjalkojen alaosassa ei riittänyt. Palojen keskellä on reikä, jonka läpi ne on kiristetty pultilla tiiviiksi nipuksi kiinni jalkaan. Kuvassa 10 oikealla puolella näkyy jalkojen kiinnitys pöytään. Pöydän päällä on myös kiskot X- ja Y-suuntaan, joten kiskojen päällä olevaa pienempää pöytää

voidaan liikuttaa ja lukita haluttuun kohtaan. Kiskot ja pienempi pöytä näkyvät kuvassa 9.



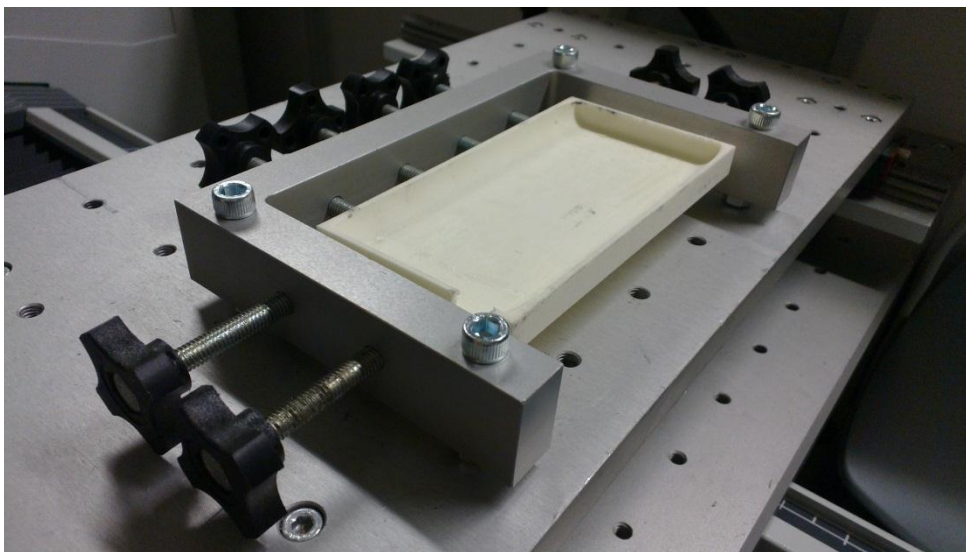
KUVA 10. Mittalaitteen pöydänjalkojen korotus

Mittalaitteen pöytä on riittävän tukeva, vaikka se ei ole kiinni itse mittalaitteessa. Puhelimien avausvoimia mitatessa mitataan harvoin yli 20 N:n voimia. Mikäli laitetta käytetään paljon suurempien voimien mittaamiseen, on laite kiinnitettävä tukevasti mittalaitteeseen. Laitteessa on valmiiksi pöydän kiinnittämistä varten kiinnityspaikka.

5.3 Jigi

Puhelimen kiinnitysjiä pitää pystyä säätämään tarvittaessa Z-suunnassa. X- ja Y-suuntaan säätäminen tapahtuu pöydällä olevien kiskojen avulla, kuten näkyy kuvassa 9. Pystysuuntaan tapahtuva säätäminen toteutettiin kuvan 11 kiinnitysmekanismeilla. Puhelin voidaan kiinnittää suoraan alumiiniseen kiinteään jigiin kiristysruuveilla. Parempaan kiinnityksen toistettavuuteen päästään kuitenkin kiinnittämällä puhelin pikamallitekniikalla valmistettuun sisäjigiin.

Sisäjigi on tehty tiukaksi mitattavalle puhelimelle ottamalla muoto suoraan mitattavan puhelimen Catia-mallista. Catia on suunnittelussa apuna käytettävä 3D-mallinnusohjelmisto. Sisäjigin kiinnityskohdat on merkitty kuvassa 11 näkyvään valkoiseen sisäjigiin. Jokainen kahdeksasta kiinnitysruuvista on teräväkärkinen, mikä parantaa kiinnityksen tarkkuutta. Sisäjigi voidaan vaihtaa kulloinkin mitattavan puhelinmallin mukaan. Kiinnitys saadaan samaksi kuin aikaisemmin, koska teräväkärkiset kiinnitysruuvit on helppo kiertää kiinni merkityille kohdilleen.



KUVA 11. Mittausjigin korkeuden säätö

5.4 Mittauskärki

Halutulla mittauskärjellä on kaksi toimintoa: avattava puhelin ja suljettava se. Nämä toiminnot on tehtävä yhden katkeamattoman mittausliikkeen aikana. Puhelinmalleja ja niiden avausmekanismeja on monia erilaisia, joten on järkevää jakaa mittauskärki kahteen eri osaan. Toinen osa avaa puhelimen ja toinen sulkee sen. Kaikissa malleissa on tarkoitus käyttää samaa avaavaa mittauskärjen osaa. Sulkeva osa suunnitellaan vaihdettavaksi, jotta mittauskärjellä voidaan mitata eri puhelinmalleja.

5.4.1 Mittauskärjen avaava osa

Aluksi päätettiin mittauskärjen valmistusmateriaali. Materiaalin tärkein ominaisuus on se, miten se toimii mitattaessa. Valmistusmateriaalivaihtoehtoina olivat: silikonit, teräs ja muovi. Eri materiaaleista valmistetuilla mittauskärjillä suoritettiin koemittauksia, joiden avulla päätettiin lopullinen valmistusmateriaali.

Silikonimittauskärkenä käytettiin kuvan 12 silikonista valettua sormea. Silikoni ei toiminut mittakärkenä hyvin. Sen pahin ongelma oli, että se painui mittauksissa kokoon vaihtelevasti. Vaihteleva kokoonpainuminen ei ole hyvä ominaisuus hyvän toistettavuuden kannalta.



KUVA 12. Silikonisormi

Teräksisenä mittauskärkenä testattiin pultista, kahdesta prikasta ja mutterista tehtyä mittakärkeä. Kuvassa 13 on testissä käytetty teräksinen mittakärki. Teräskärki toimi hyvin testimittauksissa. Ainoina huonoina puolina teräkselle on sen paino ja vaikeampi työstettävyys muoviin verrattuna.



KUVA 13. Metallinen mittakärki

Muovisena testauskärkenä käytettiin kuvan 14 muovikärkeä. Muovi toimi hyvin testimittauksessa. Muovin valintaa puolsi myös sen kevyempi paino verrattuna teräkseen. Muovia on myös helppo työstää, jos mittauskärkeen tarvitsee tehdä myöhemmin muutoksia. Muovinen mittauskärki päätettiin valmistaa pikamallitekniikalla, koska osa saatiin käytettäväksi todella nopeasti. Valmistuskustannukset pysyivät myös pieninä, koska Nokia Oyj:llä on käytössä pikamallinnuskone.



KUVA 14. Muovinen mittakärki

5.4.2 Mittauskärjen sulkeva osa

Mittauskärjen sulkeva osa päätettiin valmistaa samasta materiaalista kuin avaava osa. Toisina vaihtoehtoina puhelimen sulkemiseen olivat teippi ja liima. Teippi kiinnitettiin mittauskärjen avaavaan osaan ja puhelimen kanteen. Avausliikkeen jälkeen puhelin sulkeutui teipin avulla vetämällä puhelin kiinni. Teippi toimi testimittauksissa hyvin, mutta teipin kiinnittäminen aina samalla tavalla on haasteellista. Teippi ei ollut toistettavuuden kannalta hyvä vaihtoehto. Liiman olisi saanut kiinnittymään aina samoin, mutta liimaaminen oli liian aikaa vievää.

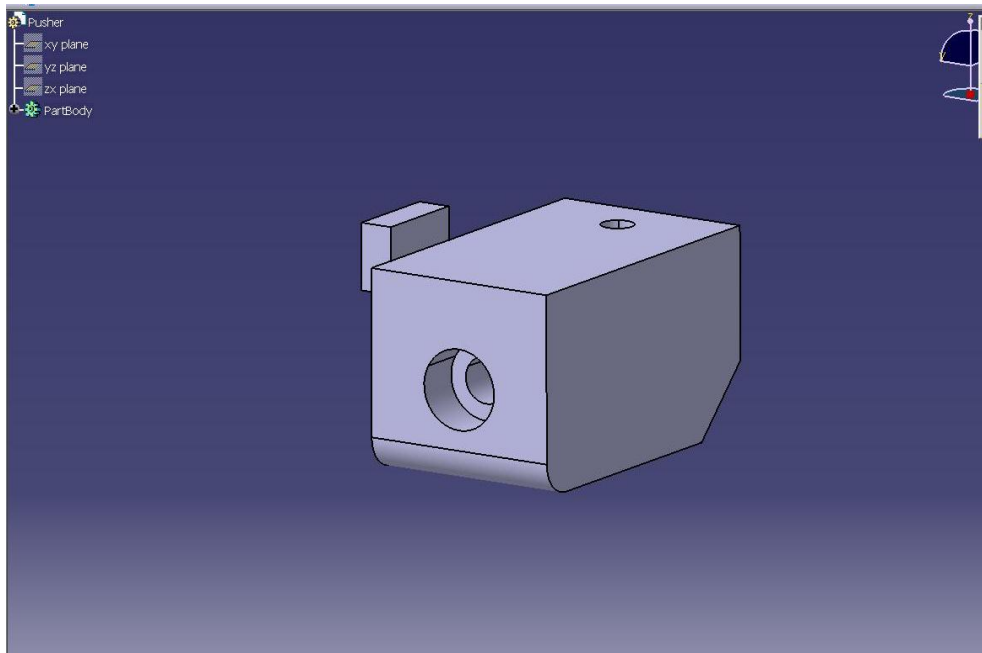
5.4.3 Mittauskärjen valmistus

Mittauskärjestä rakennettiin testikappale, millä saatiin puhelin aukeamaan ja sulkeutumaan halutulla tavalla. Kuvassa 15 on testimittauskärki, jonka avulla saatiin tarpeellisia mittoja Catia-mallia varten.



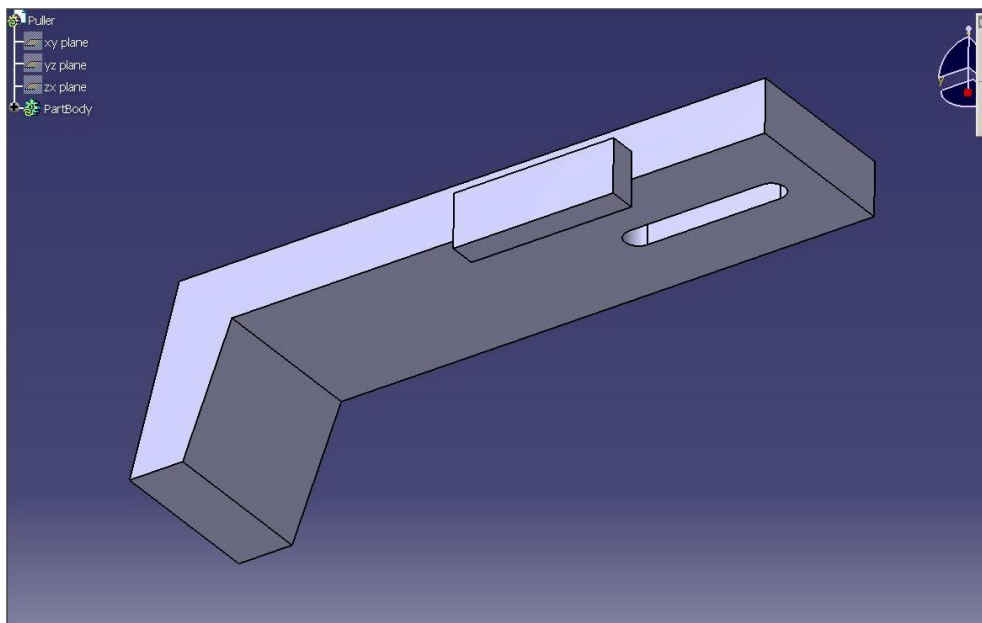
KUVA 15. Testimittauskärki

Avaavasta osasta mallinnettiin kuvan 16 Catia-malli. Avaavassa osassa on pyöristys alhaalla, jossa mittauskärjen on tarkoitus koskea puhelimeen. Avaavassa osassa on myös kaksi reikää: toinen sulkevan osan kiinnitystä varten ja toinen mittauskärjen kiinnitystä varten. Pieni uloke osan yläpinnan vieressä on sulkevan osan paikoitusta varten.



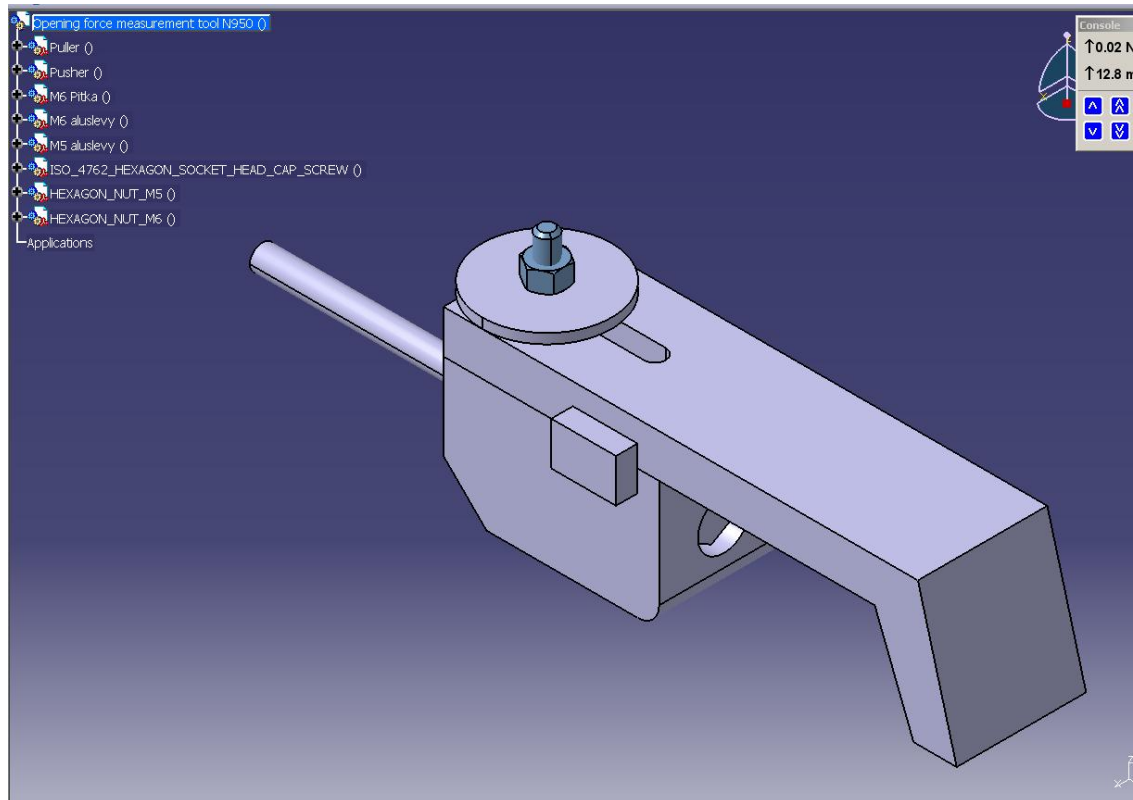
KUVA 16. Mittakärjen avaava osa

Sulkevasta osasta mallinnettiin kuvan 17 Catia-malli. Sulkevassa osassa on myös uloke paikoitusta varten. Se on vastakkaisella puolella avaavan osan ulokkeeseen nähden. Uloke on myös pidempi, jotta pituuden säätäminen onnistuu paremmin. Pidennetty reikä mahdollistaa säätämisen.



KUVA 17. Mittauskärjen sulkeva osa

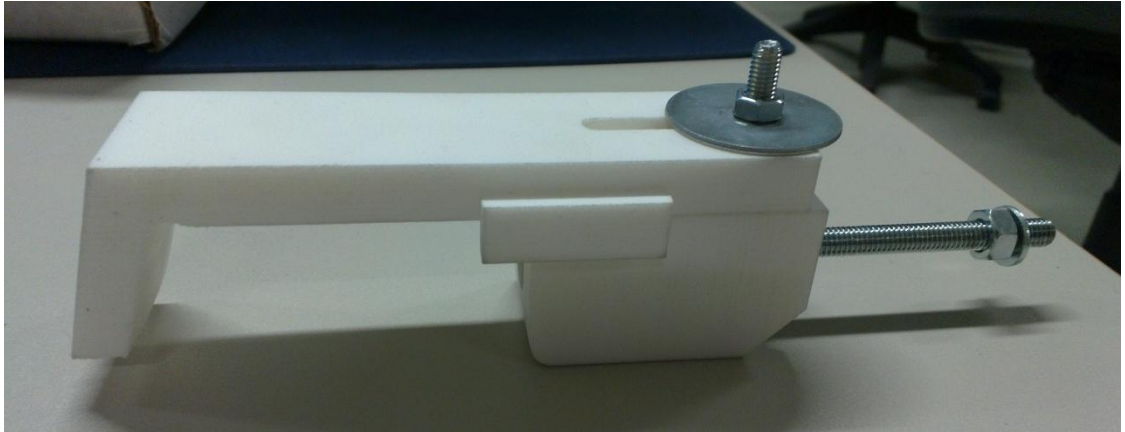
Mittauskärjestä tehtiin kokoonpano kaikkine tarvittavine osineen, jotta nähtiin, että osat mahtuvat varmasti olemaan niille tarkoitetuilla paikoilla. Kuvassa 18 on valmiin mittakärjen kokoonpano. Valmiiseen mittauskärkeen tuli avaavan ja sulkevan osan lisäksi erikoispitkä 100 mm:n M6 -pultti, -aluslevy, -mutteri, M5-kuusiokolopultti, iso M5-aluslevy ja M5-mutteri.



KUVA 18. Mittauskärjen kokoonpano

Catia-mallit avaavasta ja sulkevasta osasta lähetettiin STL-tiedostomuodossa pikamallinnettaviksi. Tiedostot piti muuttaa STL-tiedostomuotoon, koska pikamallinnuskone ei suoraan tukenut Catia:lla tallennettuja .catpart-tiedostoja. Osat valmistettiin Nokia Oyj:n omalla pikamallinnuskoneella, joten osat olivat valmiina noudettavissa päivän kuluttua tiedostojen lähettämisestä.

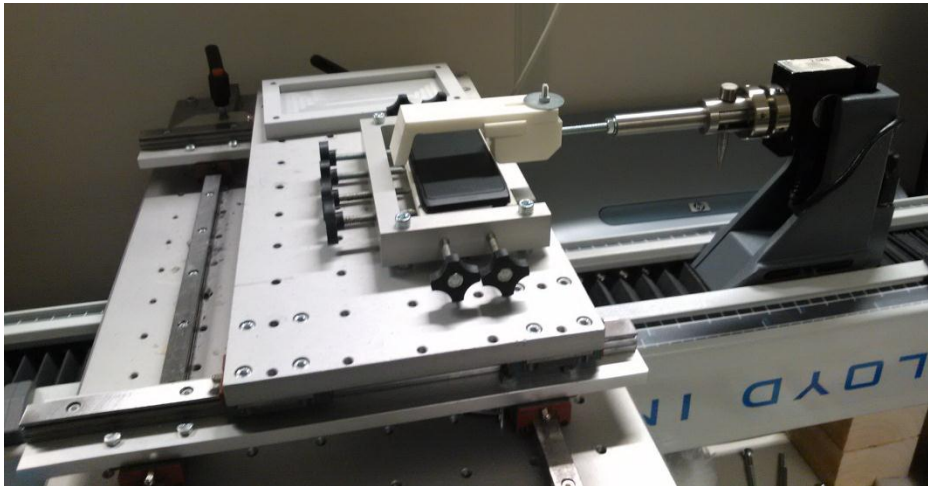
Mittauskärki oli mittauskunnossa kokoamisen ja pienen hionnan jälkeen. Mittauskärkeä hiottiin erittäin hienolla P320-hiekkapaperilla niistä kohdista, mihin puhelin mitattaessa osuu. Hiominen tehtiin, jotta pinnankarheus olisi pienempi. Mittauspään pienempi pinnankarheus vähentää kitkaa mitattavan puhelimen ja mittauspään välillä.



KUVA 19. Mittauskärki

6 AVAUS- JA SULKUVOIMAN MITTAUKSET

Mittaukset suoritettiin kuvan 20 mittausjärjestelmällä. Mittauksissa käytettiin Lloyd LRX Plus -vetokonetta ja koneen mukana tullutta NEXYGEN Plus -ohjelmistoa. Kuvassa 21 on ylhäällä tilanne mittauksen alkuvaiheesta, jolloin mittauskärjen avaava osa on alkamassa työntämään puhelimen liukukantta auki. Kuvassa 21 on alhaalla tilanne, missä mittauskärjen sulkeva osa on aloittamassa vetämään liukukansipuhelinta kiinni. Mittauskärjen tekemä matka on 34 mm. Mittauskärjen liikennopeudeksi valittiin 10 mm/min. Liikennopeuden on oltava riittävän hidas, jotta kaikki mittauksen aikana vaikuttavat voimat piirtyvät selkeästi mittausvoimakäyrälle.

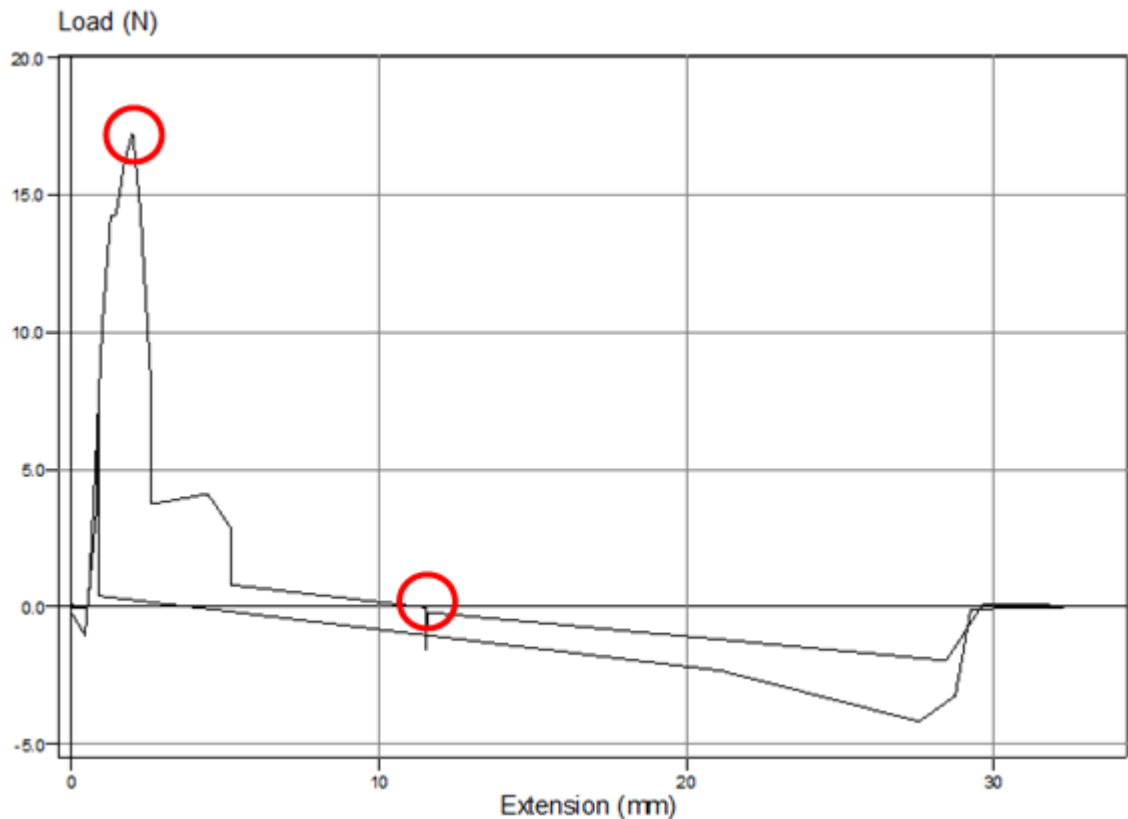


KUVA 20. Mittausjärjestelmä



KUVA 21. Mittaustilanne

Mittauksista tulokseksi saadaan kuvan 22 kaltainen mittausvoimakäyrä. Mittauksissa on poimittu kaksi selvästi erotettavaa arvoa: avausliikkeen maksimivoiman arvo ja puhelimen itsestään aukeavuus kohta. Kuvassa 22 nämä kohdat on ympyröity punaisella. Avausliikkeen maksimivoiman arvo on se voima, jolla puhelin vastustaa avausliikettä. Itsestään aukeavuus kohta kertoo puolestaan sen, missä vaiheessa puhelimen liukukansi aukeaa omalla voimallaan auki. Voima, millä puhelin pyrkii aukeamaan itse, näkyy kuvassa 22 itsestään aukeavuus kohdan oikealla puolella.



KUVA 22. Mittausvoimakäyrä

Mittausvoimakäyrät eroavat testattavien kappaleiden välillä hieman. Liitteessä 2 on mittaustulokset ja mittausvoimakäyrät saman valmistuserän liukukansipuhelimille A, B ja C. Puhelimet mitattiin kymmenen kertaa ja mittaustuloksista taulukoitiin avausvoima ja itsestään aukeavuuden kohta. Liukukansipuhelimien A, B ja C mittausvoimakäyrästä pystyy tarkastelemaan erot eri puhelimien ja saman puhelimen eri mittauskertojen välillä. Liitteessä 2 on myös taulukoituna 30 mittaustulosta liukukansipuhelin D:lle.

Erot huonosti toimivien ja hyvin toimivien liukukansipuhelimien välillä käy hyvin ilmi mittauksista. Liitteessä 3 on mittauskäyrät kolmesta huonosti toimivasta liukukansipuhelimesta. Huonosti toimivissa puhelimissa voi olla selvästi erotettavissa useampi terävä kärki mittausvoimakäyrällä, kuten liitteen 3 liukukansipuhelin G:n mittausvoimakäyrässä. Liukukansipuhelin G:n avaaminen tuntui karhealta ja tökkivältä, ei ollenkaan sulavalta ja pehmeältä liikkeltä kuten sen pitäisi. Liian pieni avausvoima ei ole myöskään hyvä asia. Liian pienellä

voimalla avautuva puhelin saattaa avautua ilman, että käyttäjä on tarkoittanut avata puhelinta.

7 TULOKSET JA ANALYSOINTI

Työssä oli tarkoitus tutkia mittauslaitteen mittaustarkkuutta. Mittaustarkkuuden tutkimiseen päätettiin käyttää avausvoiman maksimivoimaa. NEXYGEN Plus -ohjelma antaa maksimivoiman suoraan mittauksille.

Maksimiaukaisuvoimien keskiarvo kuvaa maksimiaukaisuvoimien keskimääräistä arvoa. Liitteessä 2 on liukukansipuhelin D:lle 30 maksimiavausvoiman mittaustulosta. Puhelimelle tehdyille 30 perättäiselle mittaukselle saatiin keskiarvoksi 19,2 N kaavalla 1.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

KAAVA 1

n = havaintojen lukumäärä

Keskihajonta eli standardipoikkeama on hyvä poikkeaman mitta. Maksimiaukaisuvoimien keskihajonta kertoo, kuinka kaukana maksimiaukaisuvoimien arvot ovat keskiarvosta. Liukukansipuhelin D:lle tehdyille 30 maksimiavausvoiman mittaukselle saatiin keskihajonnaksi 0,247 N kaavalla 2.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

KAAVA 2

x_i = i. luokan luokkakeskus

Keskihajonnan ja keskiarvon avulla voidaan laskea luottamusväli. Luottamusväli kertoo plus ja miinus virhemarginaalin. Maksimiavausvoimamittausten luottamustasoksi valittiin 95 %. Maksimiavausvoiman keskiarvolle voidaan laskea 95 %:n virhemarginaalit, jotka kertovat 95 %:n varmuudella, että oikea tulos on näiden rajojen välissä. Kaavalla 3 saatiin 19,2 N:n keskiarvolle virhemarginaaliksi $\pm 0,088$ N eli keskiarvo on välillä 19,11–19,29 N 95 %:n luottamustasolla.

$$\bar{x} - z_{\alpha/2} * \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + z_{\alpha/2} * \frac{s}{\sqrt{n}}$$

KAAVA 3

\bar{x} = otoskeskiarvo

$z_{\alpha/2}$ = luottamustasoon liittyvä kriittinen arvo, joka 95 %:n luottamustasolla on 1,96

s = keskihajonta

n = otoksen koko

μ = perusjoukon odotusarvo

Mittausvirhettä mittauslaitteessa aiheuttaa voima-anturi. Voima-anturin mittausvirheen Lloyd instruments ilmoittaa olevan alle 0,5 %. Mittauksissa käytetylle voima-anturille kalibrointitodistuksessa mittausvirhe on kuitenkin 20 N:n mittauksissa noin 1 %:n luokkaa.

Liukukansipuhelin D:lle tehdylle 30 maksimiavausvoimamittaukselle saatiin virhemarginaaliksi $\pm 0,088$ N, joka on 0,46 % 19,2 N:n maksimiavausvoiman keskiarvosta. Mittaustuloksien perusteella voidaan sanoa, että mittauslaite on niin tarkka kuin voima-anturin virhe kertoo sen olevan. Parempiin mittaustuloksiin päästään, jos laitteeseen otetaan käyttöön tarkempi voima-anturi.

8 YHTEENVETO

Työn päätarkoituksena oli suunnitella ja testata avaus- ja sulkeutumisvoiman mittauslaite. Mittauslaite mittaa avaus- ja sulkeutumisvoimat liukukansipuhelimista vaaka-asennossa yhdellä mittauksella. Liukukansipuhelimilla mitattiin testimittauksia. Testimittauksien tulosten perusteella tarkasteltiin mittauslaitteen mittaustarkkuutta.

Mittauslaite toimi N950-puhelimen mittauksissa erittäin hyvin. Mittauslaitetta olisi voitu testata toisillakin puhelinmalleilla, jotta olisi varmistuttu mittalaitteen hyvästä toiminnasta toistenkin puhelinmallien kanssa. Mittauslaitteen pöytä olisi syytä kiinnittää mittauslaitteeseen, jos mittauslaitteella tullaan mittaamaan paljon liukukansipuhelimen avausvoimia suurempia voimia. Esimerkiksi 1 000 N:n voimalla pöytä lähtee varmasti liikkumaan paikaltaan.

Mittaustarkkuutta tarkasteltiin 30 peräkkäisellä mittauksella. Mittaustulosten perusteella saatiin 19,2 N:n keskiarvolle mittausvirheeksi $\pm 0,088$ N eli 0,46 %. Saatu virhemarginaali on hyvin linjassa voima-anturin valmistajan ilmoittamaan mittausvirheeseen, joka on pienempi kuin 0,5 %.

Nokia Oyj sai käyttöönsä käyttötarkoitukseensa hyvin soveltuvan mittauslaitteen. Mittauslaitetta voidaan käyttää muutamaa osaa vaihtamalla usean eri liukukansipuhelinmallin mittaukseen. Vaihdetut osat saadaan aikaisemmissa mittauksissa käytetyille paikoilleen, joten asetelmat mittauksille saadaan samoiksi kuin aikaisemminkin mittauskerroilla.

LÄHTEET

About Lloyd Instruments. 2005. AMETEC Inc. Saatavissa: <http://www.lloyd-instruments.co.uk/about/index.cfm>. Hakupäivä 22.10.2011.

Andersson, Paul H. – Tikka, Heikki 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY.

Arstila, Antti – Björkqvist, Stig-Eyrik – Hänninen, Osmo – Nienstedt, Walter 1999. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 12., uudistettu painos. Porvoo: WSOY.

AT&T. 2011. Saatavissa: <http://www.att.com/>. Hakupäivä 6.11.2011.

Gigantti. 2011. Saatavissa: <http://www.gigantti.fi/>. Hakupäivä 6.11.2011.

Havia, Pasi 2010. Kohti taloudellista riippumattomuutta. Ajatuksia Indeksisijoittamisesta Osa 2: Teoria ja käytäntö törmäyskurssilla. Saatavissa: <http://www.taloudellinenriippumattomuus.com/2010/11/ajatuksia-indeksisijoittamisesta-osa-2.html>. Hakupäivä 20.10.2011.

Kangasaho, Jukka – Mäkinen, Jukka – Oikkonen, Juha – Paasonen, Johannes – Salmela, Maija 2004. Todennäköisyyslaskenta ja tilastot. 4., uudistettu painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Kuumemittarit. Estecs Oy. Saatavissa: <http://www.estecs.fi/fi/kuumemittarit/>. Hakupäivä 18.10.2011.

Kuutti, Wille 2003. Käytettävyys, suunnittelu ja arviointi. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.

Materials Testing Machines. 2005. AMETEC Inc. Saatavissa: http://www.lloyd-instruments.co.uk/products/sku.cfm?ProductCAtegorY_Id=3755&Product_Id=158&SKU_Id=286. Hakupäivä 22.10.2011.

Materials Testing Solutions 1 kN - 150 kN 225 lbf - 33722 lbf. 2009. AMETEC Inc. Saatavissa: <http://new.ametek.com/content-manager/files/TLI//P-MT-6000-0909.pdf>. Hakupäivä 22.10.2011.

Nokia. 2011. Saatavissa: <http://www.nokia.fi/>. Hakupäivä 6.11.2011.

Sonera. 2011. Saatavissa: <http://www.sonera.fi/>. Hakupäivä 6.11.2011.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä¹ Sami Ojala, 044 357 0946, samoja@mbnet.fi _____

Tilaaaja² Nokia Oyj _____

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot³ Sami Järvelä, sami.jarvela@nokia.com _____

Työn nimi⁴ Slide- ja tilmallisten puhelimien avaus- ja sulkuvoiman mittalaite _____

Työn kuvaus⁵ Työssä on tarkoituksena suunnitella ja toteuttaa laite, jolla voidaan mitata puhelimien avausvoimia vaakasuorassa asennossa. Tähän asti mittaukset on määritetty pystyasennossa. Pystyasennossa mittauksen ongelmana on, ettei se ole puhelimien oikea käyttöasento. Mittaukset suoritetaan Lloyd LRX -vetolujuuskoneella. _____

Työn tavoitteet⁶ Työssä on tarkoituksena suunnitella mittalaite siten, että se on tarvittaessa valmis mittalaiteratkaisuksi käytettäväksi myös muissa Nokian mekaniikkalaboratorioissa. Mittalaitteelle suoritetaan myös testejä, joilla pyritään saamaan selville laitteen mittavirhe. _____

Tavoiteaikataulu⁷ Työ tullaan toteuttamaan muiden töiden lomassa. Työtä tehdään, kun muut työt antavat sille mahdollisuuden. Tavoite olisi saada laite toimimaan keväällä 2011. _____

Päiväys ja allekirjoitukset⁸ _____

¹ Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

² Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.

³ Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.

⁴ Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.

⁵ Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.

⁶ Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.

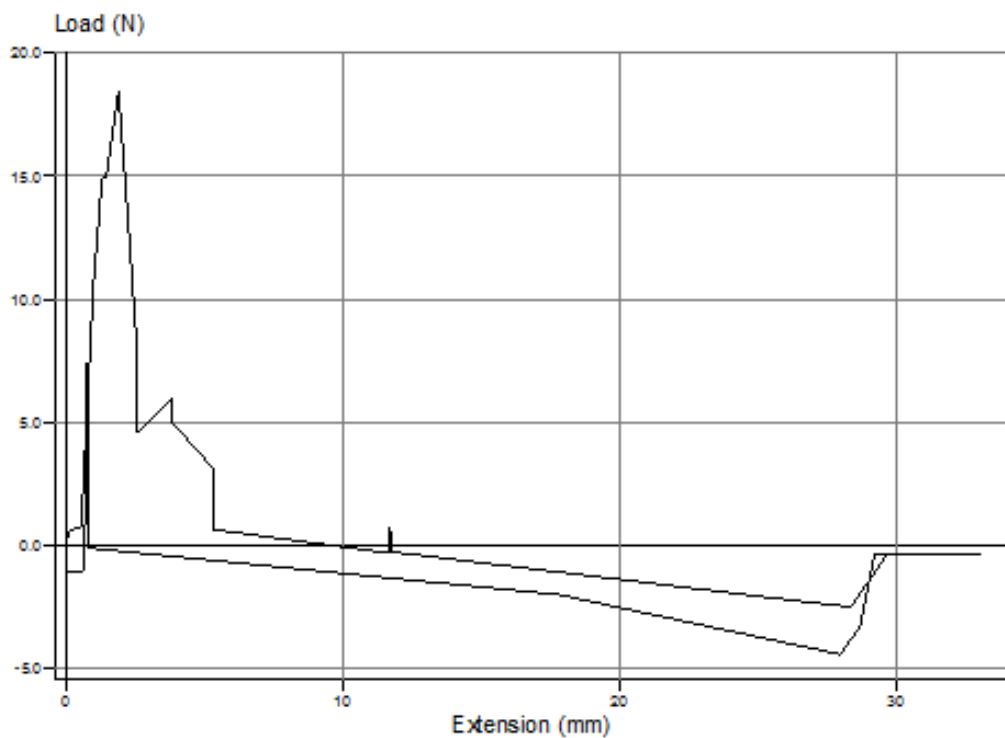
⁷ Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.

⁸ Lähtötietomuiستio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö.

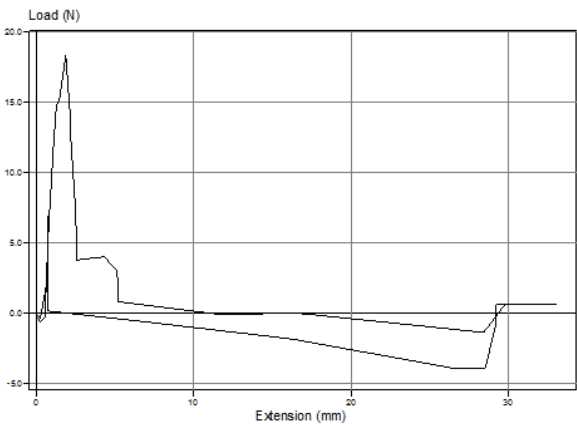
PUHELIMIEN MITTAUSTULOKSET

Liukukansipuhelin A

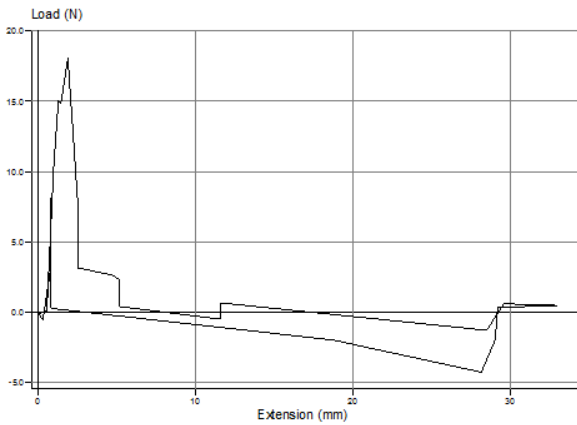
Mittaus	A	
	Avausvoima (N)	Itsestään aukeavuus (mm)
1	18,5	9,5
2	17,8	9,3
3	18,4	11,3
4	18,1	8
5	17,3	11,4
6	17,6	8,2
7	18,3	11
8	18,2	11,1
9	18,3	11,4
10	18,4	9,1
Keskiarvo	18,09	10,03
Keskihajonta	0,314	1,21



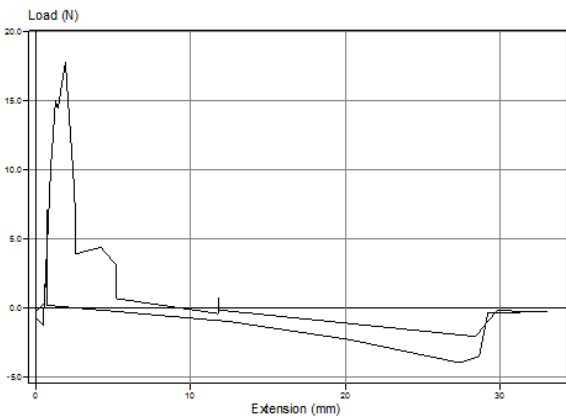
Kuva 1.



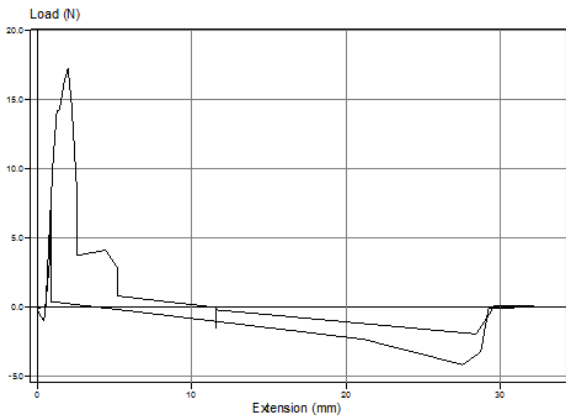
Kuva 2.



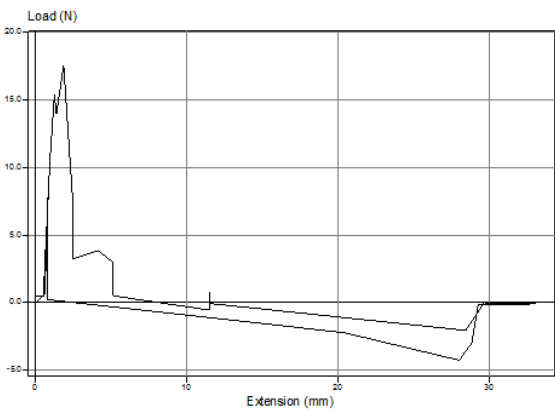
Kuva 3.



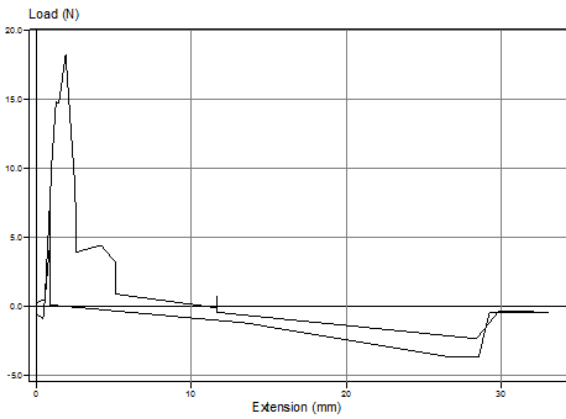
Kuva 4.



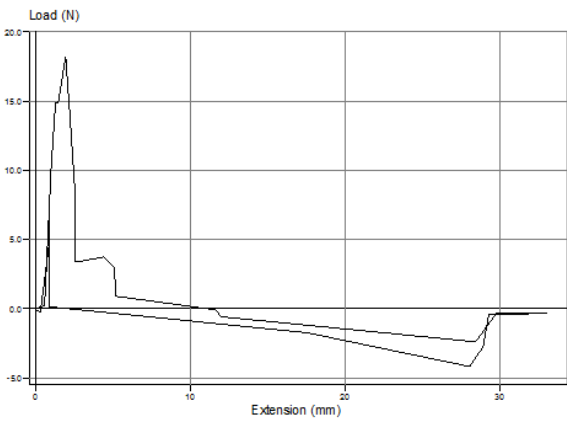
Kuva 5.



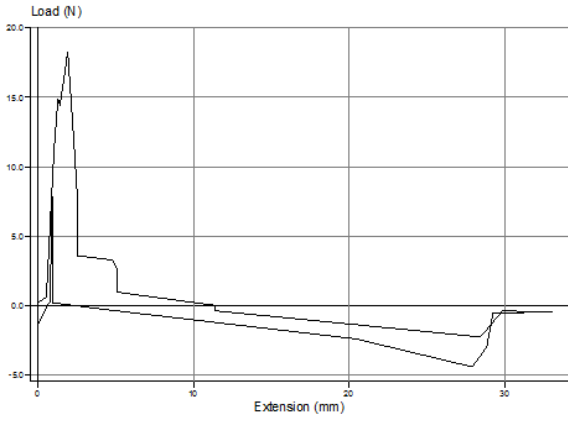
Kuva 6.



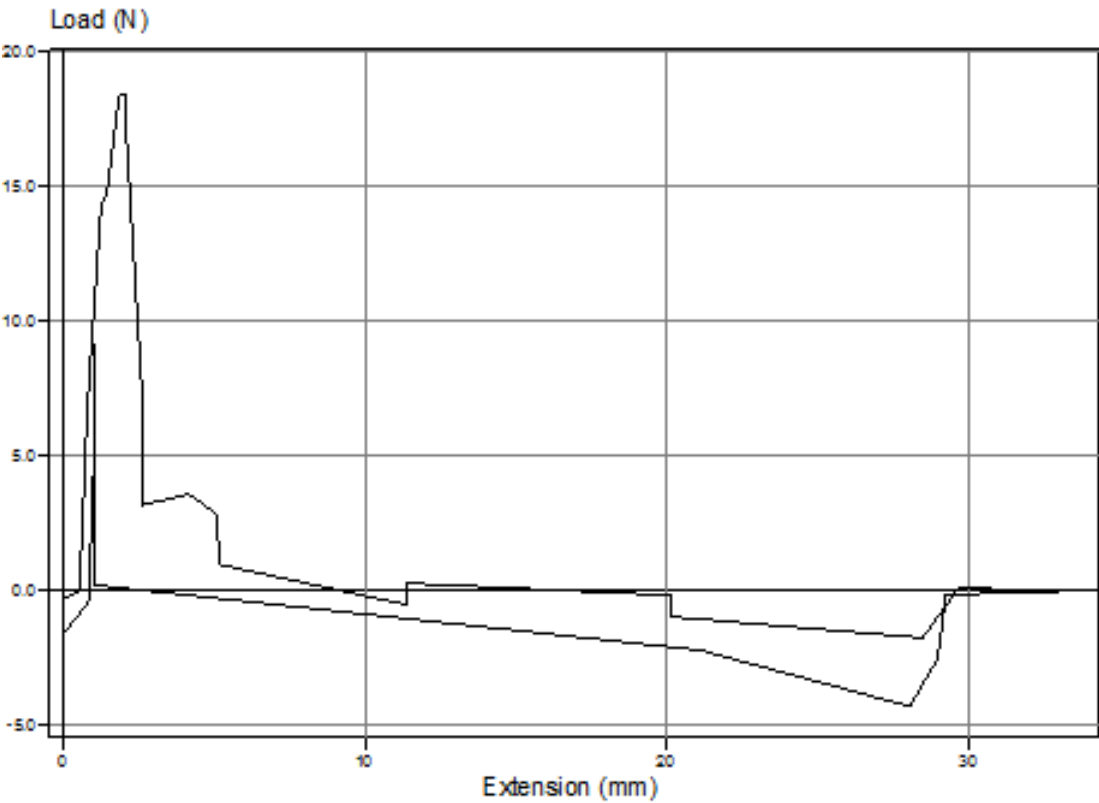
Kuva 7.



Kuva 8.



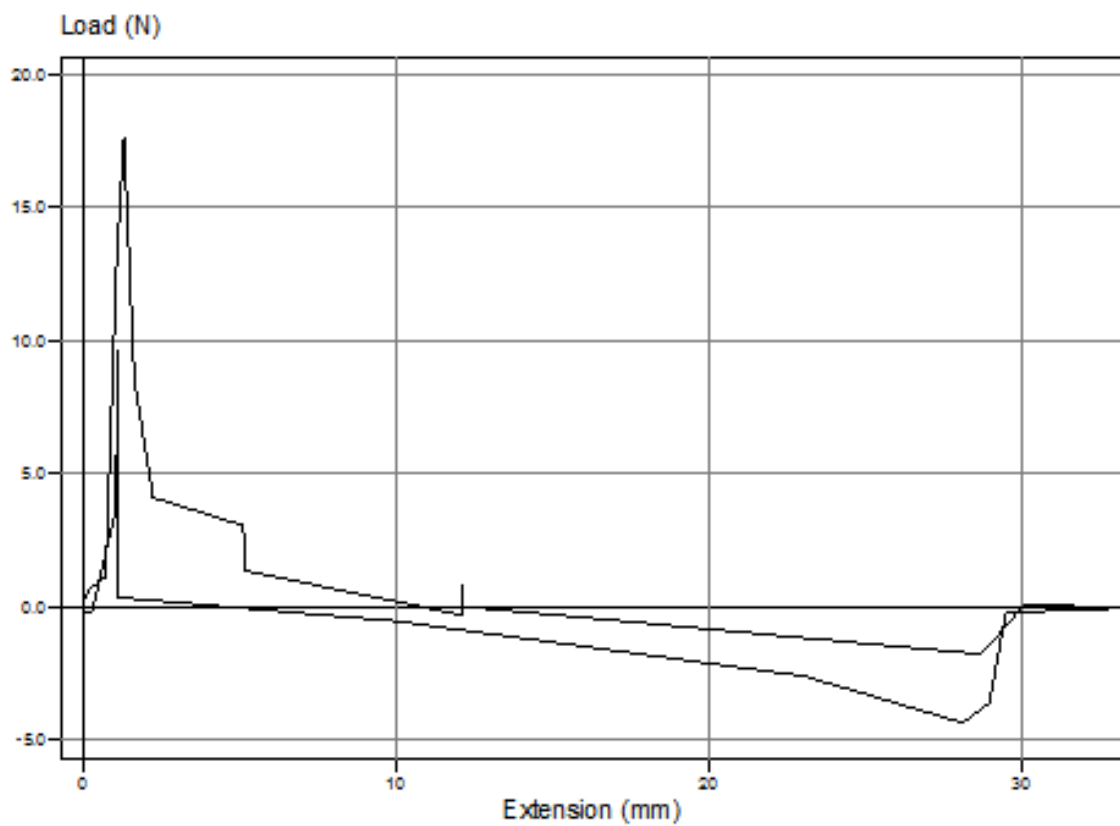
Kuva 9.



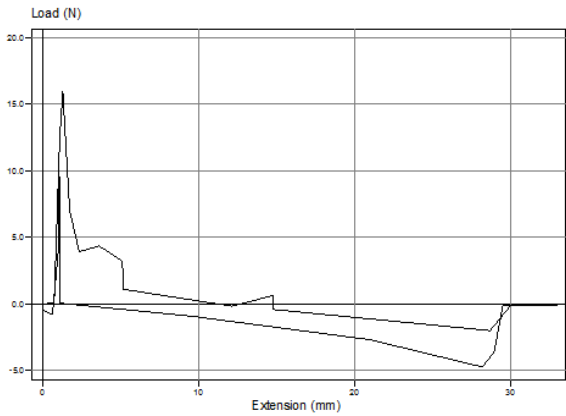
Kuva 10.

Liukukansipuhelin B

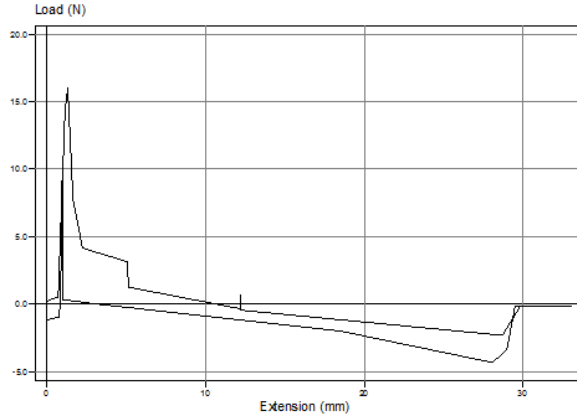
Mittaus	B	
	Avausvoima (N)	Itsestään aukeavuus (mm)
1	17,6	10,8
2	16	11,2
3	16,1	10,6
4	16,4	12,1
5	16,7	10,7
6	16,8	12
7	16,2	9,6
8	15,6	10,8
9	16,3	12,1
10	16,2	12
Keskiarvo	16,39	11,19
Keskihajonta	0,388	0,69



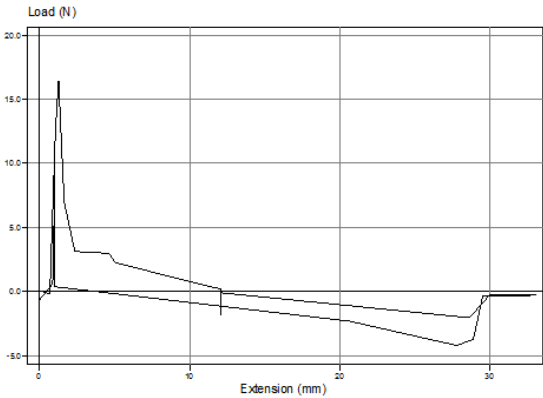
Kuva 1.



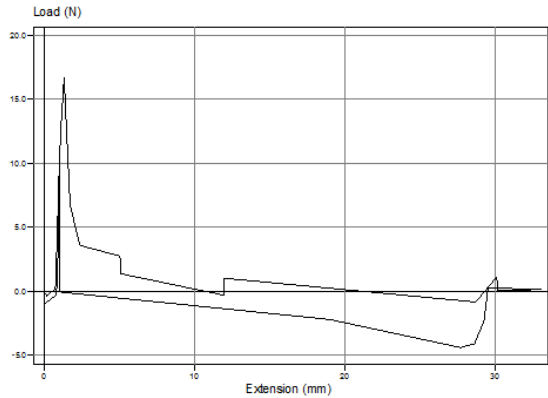
Kuva 2.



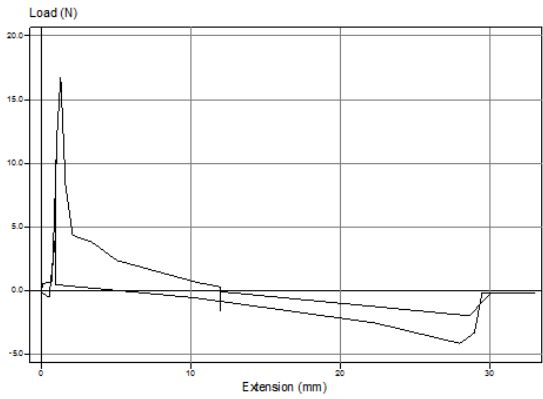
Kuva 3.



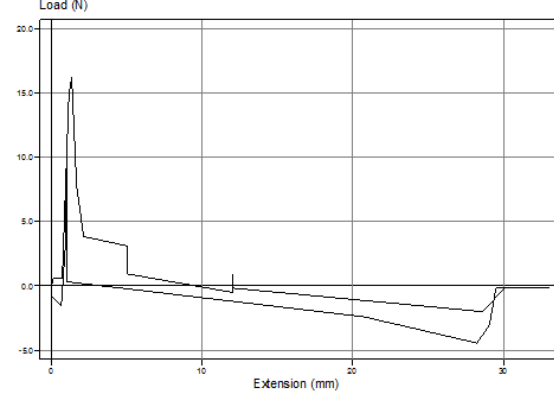
Kuva 4.



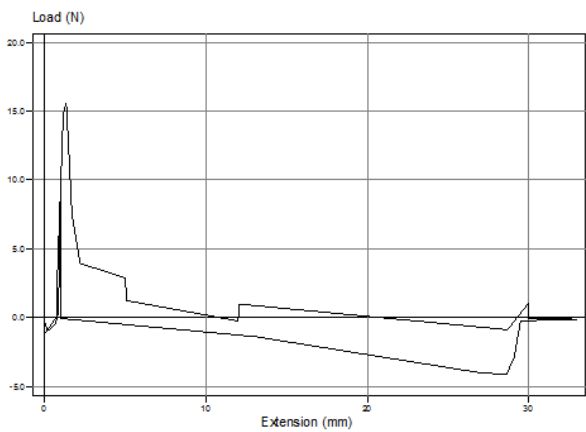
Kuva 5.



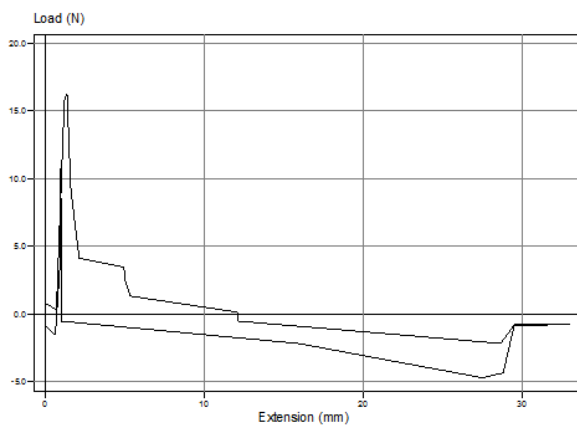
Kuva 6.



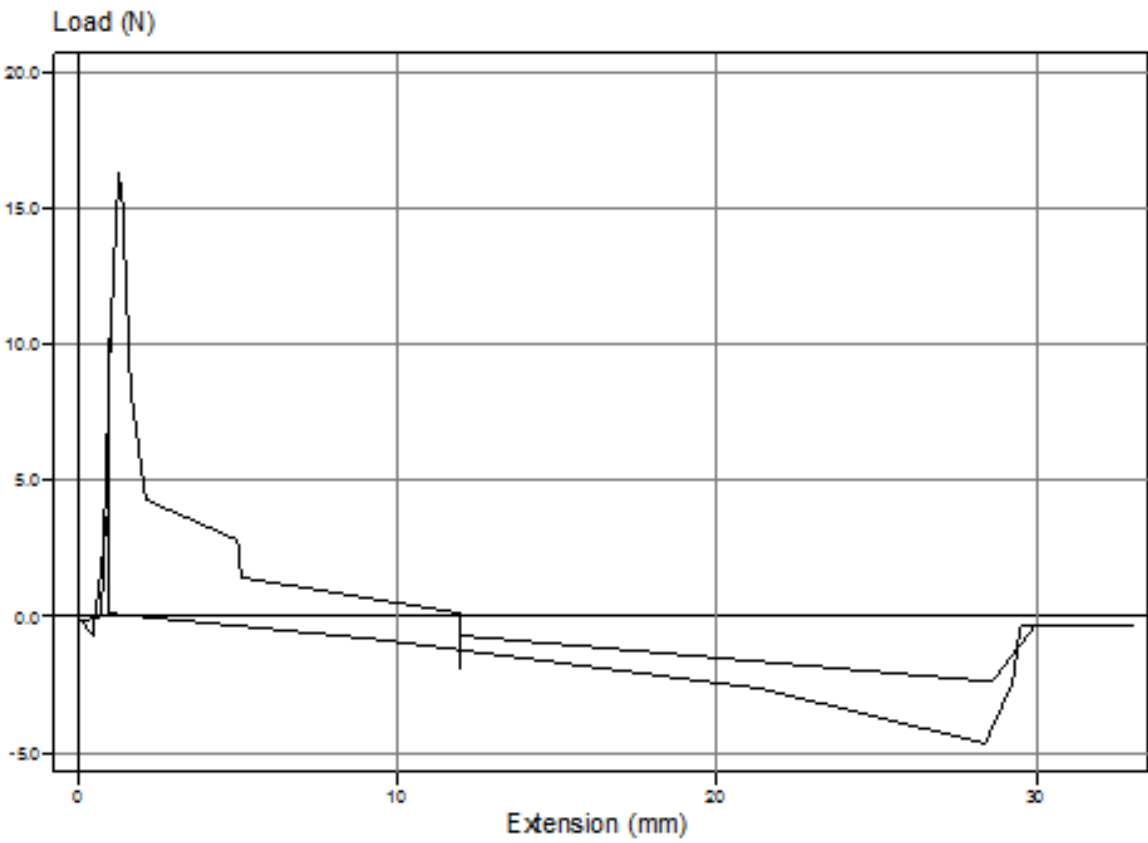
Kuva 7.



Kuva 8.



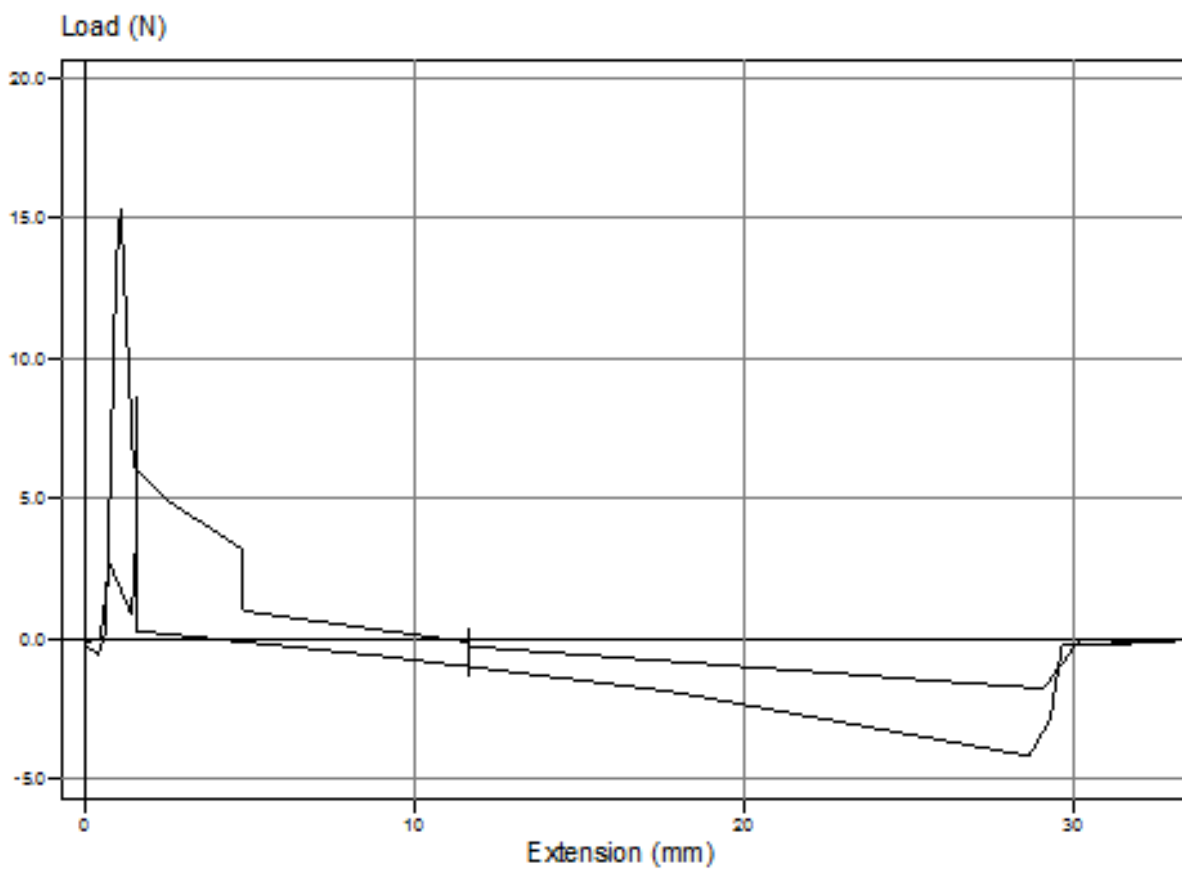
Kuva 9.



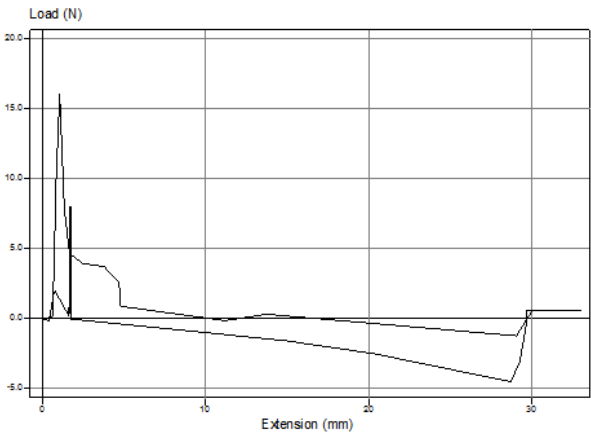
Kuva 10.

Liukukansipuhelin C

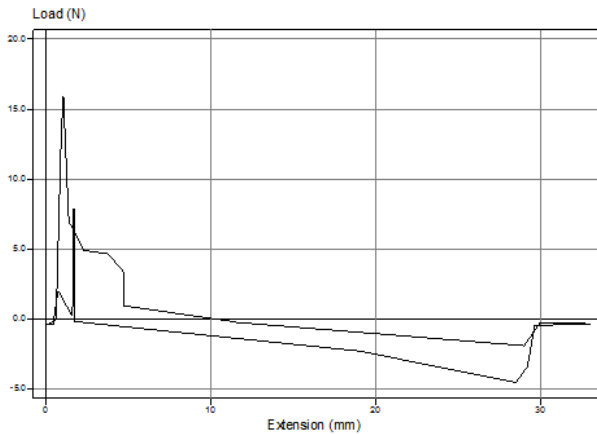
Mittaus	C	
	Avausvoima (N)	Itsestään aukeavuus (mm)
1	15,3	11
2	15,4	10,1
3	16	10,2
4	16	10,2
5	15,8	11,8
6	15,4	14,7
7	15,5	9,9
8	15,5	6,6
9	15,2	10,7
10	15,2	9,9
Keskiarvo	15,53	10,51
Keskihajonta	0,242	1,232



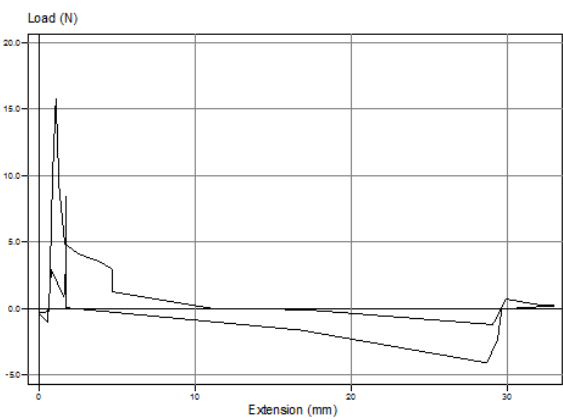
Kuva 1.



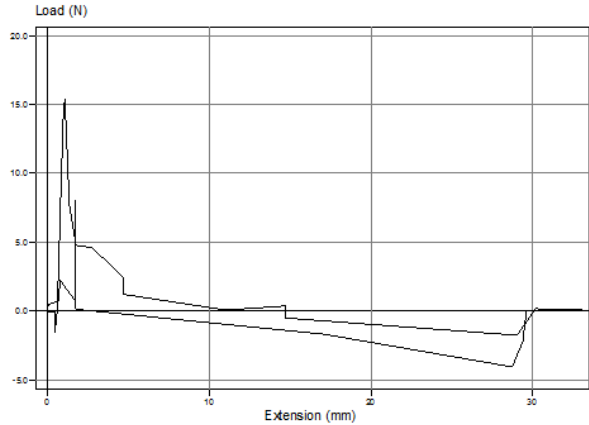
Kuva 2.



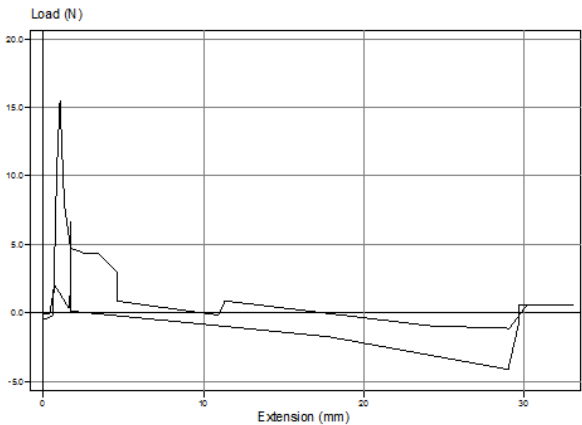
Kuva 3.



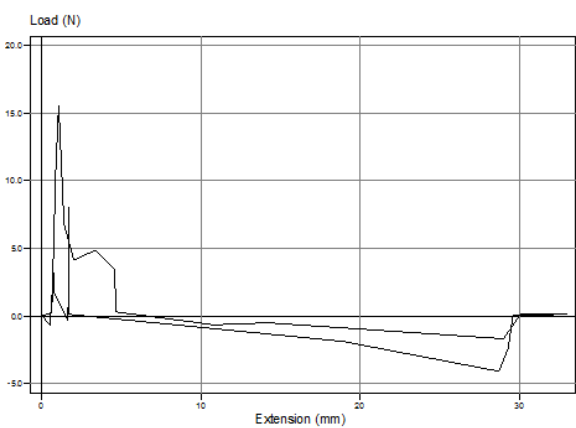
Kuva 4.



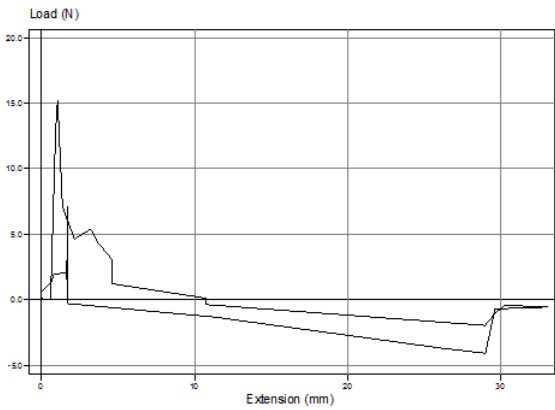
Kuva 5.



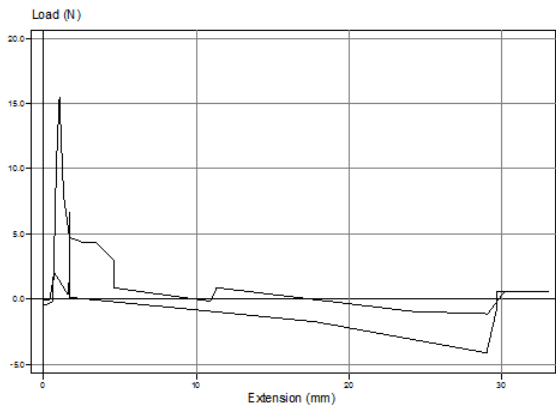
Kuva 6.



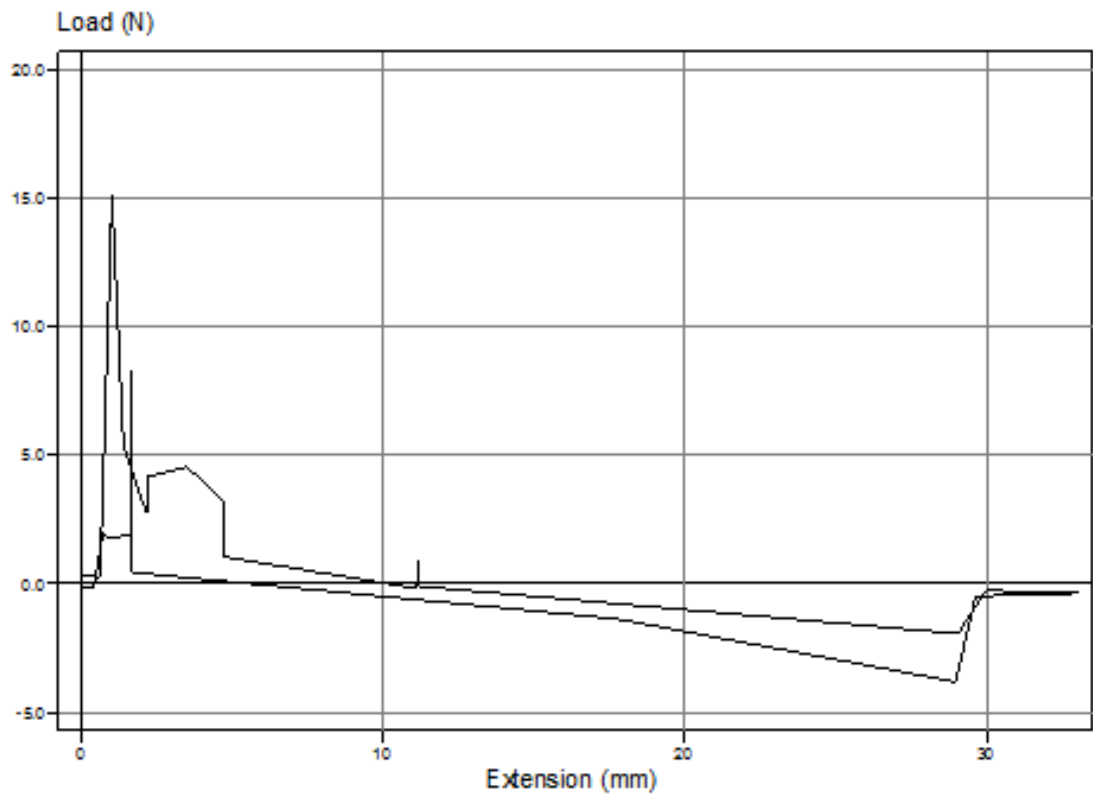
Kuva 7.



Kuva 8.



Kuva 9.



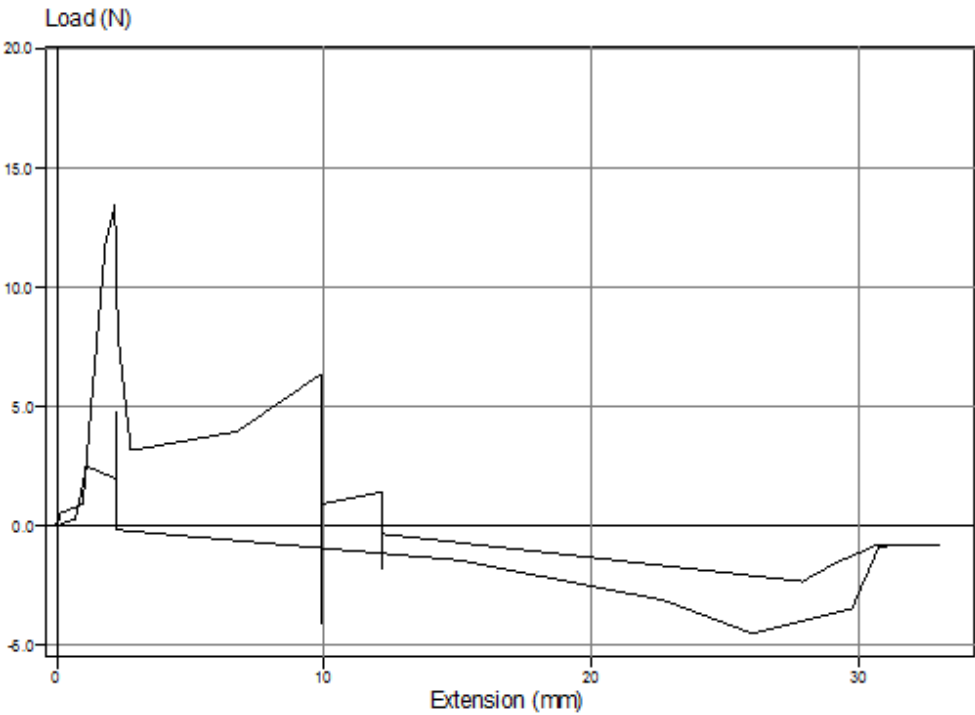
Kuva 10.

Liukukansipuhelin D

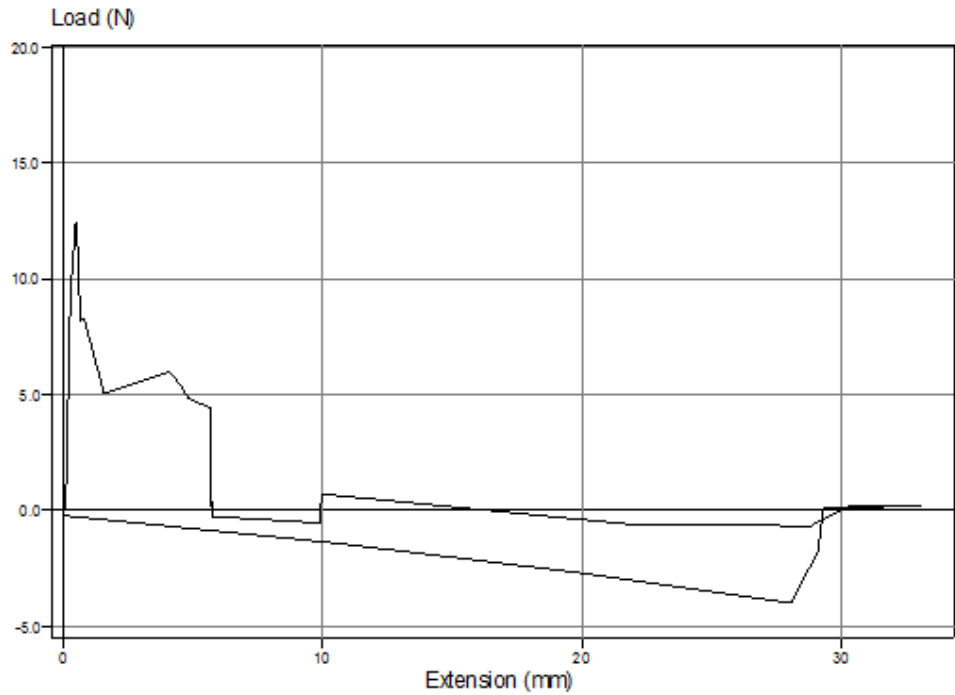
	Avausvoima (N)	Itsestään aukeavuus (mm)
1	18,7	10,8
2	18,6	10,6
3	18,7	10,6
4	18,7	10,6
5	18,7	10,5
6	19,1	10,5
7	18,9	10,5
8	19,1	10,5
9	19,5	10,4
10	19,2	10,4
11	19	10,4
12	19,3	10,4
13	19,4	10,3
14	19,4	10,4
15	19,1	10,4
16	19,4	10,4
17	19,5	10,4
18	19,4	10,4
19	19,9	10,4
20	19,5	10,3
21	19,8	10,3
22	19,4	10,3
23	19,3	10,3
24	19,2	10,3
25	19,3	10,3
26	19,3	10,3
27	19,3	10,3
28	18,9	10,2
29	19,2	10,2
30	19,2	10,2
Keskiarvo	19,2	10,39666667
Keskihajonta	0,246666667	0,097333333

HUONOJA LIUKUKANSIPUHELIMIA

Liukukansipuhelin E



Liukukansipuhelin F



Löysä liukukansipuhelin G

